

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Pat ntschrift
10 DE 196 44 941 C 1

21 Aktenzeichen: 196 44 941.3-33
22 Anmeldetag: 29. 10. 96
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 15. 1. 98

51 Int. Cl.⁸:
H 01 S 3/025
H 01 L 21/301
H 01 S 3/043
H 01 S 3/19

DE 196 44 941 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

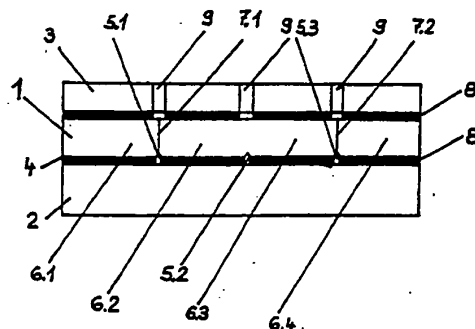
73 Patentinhaber:
JENOPTIK AG, 07743 Jena, DE

72 Erfinder:
Dohle, Rainer, 01169 Dresden, DE; Dorsch,
Friedhelm, 65185 Wiesbaden, DE; Lorenzen, Dirk,
07743 Jena, DE; Heinemann, Stefan, 07743 Jena, DE;
Daiminger, Franz, 99423 Weimar, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 37 31 312 A1

64 Hochleistungsdiodenlaser und Verfahren zu dessen Montage

57 Die Erfindung betrifft einen Hochleistungsdiodenlaser und ein Verfahren zu dessen Montage. Erfindungswesentlich ist die Schaffung von Sollbruchstellen im Laserbarren, welche bei einer Abkühlung nach dem Auflöten des Laserbarrens auf eine Wärmesenke mit einem geringeren Ausdehnungskoeffizienten an definierten Stellen, zwischen den einzelnen Laserdioden des Laserbarrens, zum Bruch führen. Durch die körperliche Aufspaltung des Laserbarrens wird die Verwendung eines Lotes mit bei Raumtemperatur geringer Duktilität (Hartlot) möglich, da eine Zerstörung der einzelnen Laserdioden des Laserbarrens infolge mechanischer Spannungen ausgeschlossen werden kann.



DE 196 44 941 C 1

Beschreibung

Zur Montage von Hochleistungsdiodenlasern ist es bekannt, Laserbarren mittels eines Weichlotes, z. B. eines indiumhaltigen Lotes oder Zinn-Blei-Lotes, auf eine Wärmesenke aufzulöten, die einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweist, der stark von dem des Laserbarrens abweicht. (1)(2).

Unter einem Laserbarren versteht man da bei einen Streifen aus Halbleitermaterial, mit typischerweise 10 mm Breite, der z. B. mittels sogenannter V-Gräben in einzelne Laserdioden unterteilt ist, die optisch und elektrisch wie eine Anordnung mehrerer parallel geschalteter Einzellaserdioden wirken, die jedoch körperlich nicht voneinander getrennt sind. Demnach sollen nachfolgend unter dem Begriff "Einzellaserdioden" körperlich voneinander getrennte Laserdioden verstanden werden, während "die einzelnen Laserdioden eines Barrens" körperlich miteinander verbundene Laserdioden sind. Laserbarren weisen eine Seite mit p-Dotierung (p-Seite) auf, wo sich die aktiven Regionen befinden. Die gegenüberliegende Seite des Laserbarrens wird als n-Seite bezeichnet. Die Laserdioden können als Bauelemente mit einer sogenannten "broad area" oder einer sogenannten "array" Struktur aufgebaut sein. Unter einem Hochleistungsdiodenlaser wird die gesamte Anordnung bestehend aus einem Laserbarren, einer Wärmesenke und einer Kontaktierung der n-Seite des Laserbarrens, die z. B. durch einen aufgelöteten Deckel oder durch Bonddrähte realisiert ist, verstanden.

Bei den bekannten Montageverfahren erfolgt ein Ausgleich mechanischer Spannungen, die aufgrund der unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Laserbarren und Wärmesenke beim Lötvorgang entstehen, durch plastisches Fließen des Weichlotes. (1)

Nachteilig ist hier insbesondere die Alterung der Lötstelle infolge Bildung intermetallischer Phasen, Whiskerbildung sowie starke Elektromigration bei den auftretenden sehr hohen Stromdichten. (3) (7) Dies führt im Langzeitverhalten zu einer Verschlechterung der elektrooptischen Eigenschaften und zu einer Begrenzung der Lebensdauer derartiger Hochleistungsdiodenlaser auf einige tausend Stunden.

Diese Nachteile können durch Einsatz eines Gold-Zinn-Lotes, welches bei Raumtemperatur eine geringe Duktilität aufweist, vermieden werden. Bei Verwendung eines derartigen Lotes erfolgt jedoch Literaturberichten zufolge nur ein mangelhafter Ausgleich mechanischer Spannungen (4), was zur Zerstörung (5) des Halbleitermaterials oder beschleunigter Degradation des Hochleistungsdiodenlaser (3) führt.

Tatsächlich wurden bei Versuchen Laserbarren auf Wärmesenken aufzulöten, die einen wesentlich geringeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten als der Laserbarren haben, Mikrorisse im Laserbarren beobachtet, was auf extrem hohe mechanische Spannungen hindeutet. Spannungsberechnungen konnten dies bestätigen. Risse im Bereich der aktiven Zone der Laserdiode zerstören diese.

Nach einer Lehrmeinung (8) kann die mechanischen Stabilität des Verbundes durch Verfüllen der V-Gräben mit Lot erhöht werden. (8) Eine Vermeidung der mechanischen Spannungen ist dadurch jedoch nicht möglich.

Praktisch kann das Problem der Rißbildung durch die Montage von Einzellaserdioden vermieden werden. (9) Naheliegender ist auch die Montage von Laserdiodengruppen, worunter eine körperliche Einheit von mehre-

ren einzelnen Laserdioden, typischerweise zwei bis fünf Einzellaserdioden verstanden werden soll. Bei der Montage von Einzellaserdioden oder Laserdiodengruppen treten jedoch aufgrund der geringen geometrischen Abmessungen Justageprobleme auf. Außerdem verringert sich die optische Leistungsdichte aufgrund der erforderlichen Zwischenräume zwischen den Einzellaserdioden oder Laserdiodengruppen. Darüber hinaus steigt der Fertigungsaufwand beträchtlich.

Bei einem Verfahren zum Vereinzelnen von monolithisch hergestellten Laserdioden (10) erfolgt die Trennung entlang der V-Gräben entweder durch Brechen direkt oder nach einem Zusatzschritt wie Anritzen, Grabenätzen oder Sägen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Leistungsfähigkeit eines Hochleistungsdiodenlasers mit einer Wärmesenke, die einen kleineren thermischen Ausdehnungskoeffizienten als der Laserbarren hat, zu verbessern und dessen Lebensdauer zu erhöhen.

Diese Aufgabe wird mit einem Hochleistungsdiodenlaser gemäß Anspruch 1 und einem Verfahren zur Montage gemäß Anspruch 7 gelöst.

Vorteilhafte Ausführungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Erfindungswesentlich ist die Schaffung von definierten Sollbruchstellen im Laserbarren, welche bei einer Abkühlung nach dem Auflöten des Laserbarrens auf eine Wärmesenke mit einem geringeren Ausdehnungskoeffizienten zwischen den Laserdioden und somit nicht in den aktiven Regionen des Laserbarrens, zum Bruch des Laserbarrens führen.

Bei der Montage des Hochleistungsdiodenlasers kommen damit die Vorzüge eines Laserbarrens gegenüber Einzellaserdioden voll zur Wirkung, d. h. der Laserbarren ist durch seine Größe gegenüber Einzellaserdioden handlicher und ist als Ganzes nur einmal zu justieren.

In der Funktion hingegen wirkt der Laserbarren nicht nur wie herkömmlich optisch-elektrisch wie eine Anordnung von Einzellaserdioden, sondern durch die Brüche, welche eine auch körperliche Trennung der einzelnen Laserdioden in Einzellaserdioden oder Laserdiodengruppen zur Folge hat, auch spannungstechnisch wie Einzellaserdioden oder Laserdiodengruppen. Damit wird eine mögliche Rißbildung in den aktiven Regionen des Laserdiodenbarrens vermieden. Die höhere optische Leistungsdichte und bessere Kollimation eines Laserbarrens gegenüber einer Anordnung von Einzellaserdioden bleibt dabei unbeeinflusst. Durch die körperliche Aufspaltung in Einzellaserdioden bzw. Laserdiodengruppen ist es möglich, bei der Montage ein Lot mit einer bei Raumtemperatur geringen Duktilität (Hartlot) einzusetzen, welches bislang aus den bereits beschriebenen Gründen nicht zur Montage von Laserbarren mit typischerweise 10 mm Breite verwendet werden konnte.

Um eine Beschädigung der aktiven Regionen des Laserbarrens zu vermeiden, werden die Sollbruchstellen erfindungsgemäß zwischen den aktiven Regionen, also zwischen den einzelnen Laserdioden eines Barrens, eingebracht. Bei den heute üblichen Laserbarren mit V-Gräben werden diese Sollbruchstellen vorzugsweise als Verlängerung der V-Gräben eingebracht. Das kann sowohl p-seitig, n-seitig als auch beidseitig, oder auch bereits bei der Einbringung der V-Gräben selbst erfolgen.

Die Herstellung der Sollbruchstellen kann beispielsweise durch reaktives Ionenätzen, anisotropes naßchemisches Ätzen, Laserstrahlbearbeitung, Ritzen oder Sä-

gen erfolgen. Gegebenenfalls reicht bereits die durch die V-Gräben herstellungsbedingt auftretende Querschnittsverringerung des Laserbarrens aus, um Sollbruchstellen mit erfindungsgemäßer Wirkung zu erzielen.

Um die erfindungsgemäße Aufgabe zu erfüllen ist es nicht zwingend erforderlich, alle Laserdioden eines Barrens körperlich voneinander zu trennen, d. h. den Laserbarren in Einzellaserdioden aufzutrennen. Ebenso ist eine Aufteilung in Laserdiodengruppen denkbar. Vorteilhafterweise sollte der Abstand der Sollbruchstellen jedoch nicht größer als 2 mm sein.

Damit es an den Sollbruchstellen zur Bruchbildung kommt, ist es erforderlich, daß der Laserbarren nach Auflöten der Wärmesenke relativ schnell abgekühlt wird, z. B. mit einer Abkühlungsgeschwindigkeit von 40 K pro Minute auf Raumtemperatur. Bei dieser schnellen Abkühlung entstehen an den Sollbruchstellen im Halbleitermaterial des Laserbarrens Risse, da die thermisch induzierten Zugspannungen im Laserbarren in der Größenordnung der Zugfestigkeit des Halbleitermaterials liegen. Dadurch erfolgt eine Vereinzelung des Laserdiodenbarrens in Einzellaserdioden oder Laserdiodengruppen. Da sich die Risse in elektrisch und optisch nicht aktiven Regionen des Halbleitermaterials ausbreiten, beeinträchtigen die Risse die Funktion und Leistungsfähigkeit der Hochleistungsdiodenlaser nicht.

Vorteilhaft ist die anschließende Durchführung eines Temperungsprozesses des aufgelöteten Laserbarrens, wodurch eine Verringerung der mechanischen Spannungen in den optisch aktiven Regionen erfolgt. Durch das dabei auftretende Fließen des Lotes <"creep"> werden mechanische Spannungen im Verbund abgebaut, was sich positiv auf die elektrooptischen Eigenschaften der Laserdioden sowie deren Lebensdauer und Zuverlässigkeit auswirkt. Im Gegensatz zu Weichloten ist das Fließen ("creep") von Hartloten wie AuSn bei Raumtemperatur vernachlässigbar klein, bei Temperaturen von etwa 200°C jedoch beträchtlich. (6)

Es ist von Vorteil, wenn zuerst der Laserbarren auf die Wärmesenke aufgelötet wird und nach entsprechender Abkühlung, welche zum Bruch an den Sollbruchstellen führt, der Temperungsprozeß mit dem Lötprozeß auf der zweiten Seite des Laserbarrens kombiniert wird. Dies kann derart erfolgen, daß die Anordnung auf die Löttemperatur der n-Seite, zur Verbindung von n-Seite und einem Deckel, aufgeheizt, auf vorzugsweise 190°C abgekühlt und einige Minuten oder Stunden bei dieser Temperatur gehalten bzw. gelagert wird. Je größer die Temperungszeit, desto höher ist die Reduzierung der mechanischen Spannungen.

Es ist besonders vorteilhaft, wenn ein geschlitzter Deckel auf der n-Seite des Laserbarrens für die Kontaktierung verwendet wird. Dies verhindert beispielsweise, daß das Lot vom Deckel in die bei der ersten, schnellen Abkühlung entstandenen Risse im Laserbarren eindringt und das Halbleitermaterial schädigt.

Die erfindungsgemäße Lösung hat den Vorteil, daß die bei der Montage von Einzellaserdioden bekannten Lebensdauer- und Zuverlässigkeitswerte erreicht werden können, ohne auf die mit einer Laserbarrenmontage erreichbaren entscheidenden Vorteile, wie hohe optische Leistungsdichte und schnelle, hochgenaue Justage, verzichten zu müssen. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung ist die geringere Durchbiegung des Aufbaus, was zu einer Verringerung des sogenannten "smiles" der Hochleistungsdiodenlaser beiträgt.

Eine vorteilhafte Ausführungsform eines erfindungs-

gemäßen Hochleistungsdiodenlaser ist in Fig. 1 dargestellt und wird im Ausführungsbeispiel 1 beschrieben.

Ausführungsbeispiel 1

Der in Fig. 1 dargestellte erfindungsgemäße Hochleistungsdiodenlaser besteht aus einem Laserbarren 1, einer Wärmesenke 2, welche ein Diamant ist, der auf einen nicht dargestellten Kupferkühlblock aufgelötet ist und einem aufgelöteten Deckel 3.

Die p-Seite 4 des Laserbarrens 1 ist durch V-Gräben 5.1; 5.2; 5.3 in einzelne Laserdioden 6.1; 6.2; 6.3; 6.4 aufgeteilt. Zwischen der ersten Laserdiode 6.1 und der zweiten Laserdiode 6.2 verläuft eine erste Bruchlinie 7.1. Ebenso verläuft eine zweite Bruchlinie 7.2 zwischen der dritten Laserdiode 6.3 und der vierten Laserdiode 6.4. So ist die erste Laserdiode 6.1 des Laserbarrens 1 tatsächlich eine Einzellaserdiode, während die zweite und dritte Laserdiode 6.2; 6.3 eine Laserdiodengruppe bilden. Der Laserbarren 1 ist p-seitig 4 über ein Gold-Zinn-Lot 8 mit der Wärmesenke verbunden. Der Deckel 3 weist wenigstens in Verlängerung der Bruchlinien 7.1; 7.2 Schlitz 9 auf.

Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Montage erfindungsgemäßer Hochleistungsdiodenlaser an den Ausführungsbeispielen 1 bis 8 näher erläutert.

Ausführungsbeispiel 2

In diesem Ausführungsbeispiel wird der Laserbarren auf der p-Seite in den V-Gräben, welche die p-Seite in mehrere aktive Regionen teilt, die optoelektrisch wie Einzellaserdioden wirken, mit einem Laserstrahl bearbeitet, so daß eine örtliche Gefügeveränderung, gegebenenfalls auch ein Materialabtrag auftritt. Danach wird der Laserbarren mit der n-Seite mit einem näherungsweise eutektischen Gold-Zinn-Lot auf einen vergoldeten Kupferdeckel aufgelötet. Anschließend wird auf die p-Seite des Laserbarrens mit einem näherungsweise eutektischen Gold-Zinn-Lot eine Wärmesenke mit einem niedrigeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten, beispielsweise ein metallisierter Diamant aufgelötet und die Anordnung mit einer Abkühlgeschwindigkeit von 40 K pro Minute auf Raumtemperatur abgekühlt. Bei diesem Abkühlvorgang treten starke Zugspannungen im Laserbarren auf und die mit dem Laserstrahl bearbeiteten Bereiche wirken als Sollbruchstellen, von denen ausgehend sich Risse durch den Laserbarren hindurch bis zur anderen Laserbarrenseite ausbreiten. Auf diese Weise wird der Laserbarren in Einzellaserdioden oder Laserdiodengruppen vereinzelte. Anschließend wird die Anordnung auf typisch 190°C erwärmt und eine Stunde bei dieser Temperatur gelagert. Dabei tritt ein "Fließen" bzw. "Kriechen" des Lotes auf, was zu einem Abbau mechanischer Spannungen in der Anordnung führt.

Ausführungsbeispiel 3

Im Unterschied zum zweiten Ausführungsbeispiel werden die Sollbruchstellen bereits bei der Herstellung des Laserbarrens hergestellt, indem die V-Gräben auf der p-Seite des Laserbarrens über eine Tiefe von beispielsweise 20 µm, (größer als der ansonsten erforderlichen Tiefe für eine optische und elektrische Aufspaltung der p-Seite), beispielsweise durch reaktives Ionenätzen eingebracht werden. Das näherungsweise eutektische Gold-Zinn-Lot wird jeweils durch Aufdampfen eines

Gold-Zinn-Multilayerschichtsystem auf die Verbindungspartner aufgebracht.

Ausführungsbeispiel 4

In einem vierten Ausführungsbeispiel wird der Laserbarren auf der n-Seite durch Diamantsägen in Abständen von 2 mm mit 25 µm tiefen Einschnitten versehen, die bei der Abkühlung mit 40 K pro Minute als Sollbruchstellen wirken. Dabei sind die 25 µm tiefen Einschnitte jeweils genau gegenüber einem V-Graben angeordnet. Ansonsten entspricht der Verfahrensablauf dem des Ausführungsbeispiels 2.

Ausführungsbeispiel 5

Im Ausführungsbeispiel 5 werden auf der n-Seite des Laserbarrens durch anisotropes naßchemisches Ätzen Gräben in 2 mm Abstand derart eingebracht, daß sich diese Gräben jeweils genau gegenüber einem V-Graben auf der p-Seite befinden. Danach wird der Laserbarren auf eine mit einem Gold-Zinn-Multilayerschichtsystem versehene Diamantwärmesenke aufgelötet und mit 40 K pro Minute auf etwa 190°C abgekühlt. An den Gräben auf der n-Seite entstehen dabei durch die bei der Abkühlung entstehenden mechanischen Zugspannungen Mikrorisse, die sich durch den Laserbarren ausbreiten und ihn in Einzellaserdioden oder Laserdiodengruppen teilen. Anschließend wird diese Anordnung etwa eine Stunde bei etwa 190°C getempert. Dadurch werden mechanische Spannungen im Halbleitermaterial abgebaut. Anschließend wird mit einem Weichlot der Deckel aufgelötet oder mittels Drahtbonden der n-seitige elektrische Kontakt hergestellt.

Ausführungsbeispiel 6

Dieses Ausführungsbeispiel ist analog Ausführungsbeispiel 5, aber der Temperungsprozeß bei etwa 190°C über eine Stunde wird in Verbindung mit dem Deckellöten durchgeführt. Dies ist vorteilhaft, da ein Temperaturbehandlungsschritt entfällt.

Ausführungsbeispiel 7

Dieses Ausführungsbeispiel kann in seinem Verfahrensablauf einem beliebigen der beschriebenen entsprechen. Es wird jedoch ein geschlitzter Deckel verwendet, was die vorteilhafte Wirkung hat, daß bei der Lötung der n-Seite kein Lot vom Deckel in die Spalte gelangen kann. Damit wird eine Schädigung des Halbleitermaterials vermieden.

Ausführungsbeispiel 8

In diesem Ausführungsbeispiel wird eine Diamantwärmesenke und der Deckel in einem Temperaturzyklus gleichzeitig in einem Lötvorgang mit dem Laserbarren verbunden und kontaktiert.

(1) S. A. Merrit, P. J. S. Heim, S. Cho, and M. Dagenais: "A Reliable Die Attach Method for High Power Semiconductor Lasers and Optical Amplifiers," in Proceedings of the 45th Electronic Components and Technology Conference, Las Vegas, Mai 1995, S. 428—430

(2) R. Beach, W. J. Benett, B. L. Freitas, D. Mundinger, B. J. Comaskey, R. W. Solarz, and M. A. Emanu-

el, "Modular Microchannel Cooled Heatsink for High Average Power Laser Diode Arrays," IEEE Journal of Quantum Electronics, vol. 28, no. 4, April 1992, S. 966—976

(3) M. Fukuda: "Reliability and Degradation of Semiconductor Lasers and LEDs," Artech House, Boston, London 1991, S. 309—317

(4) C. C. Lee, C. Y. Wang, and G. Matijasevic: "Advances in Bonding Technology for Electronic Packaging," Journal of Electronic Packaging, Juni 1993, vol. 115, S. 201

(5) C. D. Iacovangelo, R. A. Fillion, and J. F. Burgess: "Electronic Apparatus with Improved Thermal Expansion Match," WO 94/24703, 27. Oktober 1994

(6) D. R. Olsen and H. M. Berg, "Properties of Die Bond Alloys Relating to Thermal Fatigue," IEEE Transactions on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, vol. CHMT-2, 1979, S. 257—263

(7) H. Lowe and H. Lynn: "Real World Flip-Chip Assembly: A Manufacturers Experience," in Proceedings SMI, 1995, S. 80—87

(8) K. A. Baxter: "Apparatus and Method of Bonding Isolation Grooves of a Ridge Wave-Guide Laser Diode," US Patent 5 388 755, 14. Februar 1995

(9) S. Weiß, E. Zakel, H. Reichl, "Mounting of High Power Laser Diodes on Diamond Heatsinks," Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, Part A, vol. 19, no. 1, March 1996, p. 46—47

(10) M. Muschke (Siemens AG): "Verfahren zum Vereinzeln von monolithisch hergestellten Laserdioden", DE 37 31 312 A1, 30. März 1989

Patentansprüche

1. Hochleistungsdiodenlaser mit einem Laserbarren, bestehend aus einem Streifen aus Halbleitermaterial der optisch-elektrisch in einzelne Laserdioden aufgeteilt ist, einer Wärmesenke, die einen wesentlich kleineren Ausdehnungskoeffizienten als das Halbleitermaterial des Laserbarrens aufweist und die über ein Lot mit dem Laserbarren p-seitig verbunden ist, sowie einer Kontaktierung die n-seitig mit dem Laserbarren in Verbindung steht, **dadurch gekennzeichnet,**

daß das den Laserbarren mit der Wärmesenke verbindende Lot ein Hartlot mit bei Raumtemperatur geringer Duktilität ist

und der Laserbarren in bestimmten Abständen an definierten Stellen zwischen den einzelnen Laserdioden nach der Montage Brüche aufweist, wodurch die Laserdioden des Laserbarrens in Einzellaserdioden und/oder Laserdiodengruppen körperlich voneinander getrennt sind, so daß keine Übertragung von mechanischen Spannungen erfolgen kann.

2. Hochleistungsdiodenlaser nach Anspruch 1, bei dem das Halbleitermaterial mittels V-Gräben in Einzellaserdioden unterteilt ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Brüche in Verlängerung der V-Gräben verlaufen.

3. Hochleistungsdiodenlaser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstände der Brüche kleiner 2 mm sind, wobei die Anzahl der Laserdioden pro Laserdiodengruppe unterschiedlich sein kann.

4. Hochleistungsdiodenlaser nach einem der An-

sprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Hartlot Gold und Zinn enthält.

5. Hochleistungsdiodenlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Hartlot ein Multilayer-Schichtsystem ist, welches beim Löten in einer Gold-Zinn-Lotlegierung resultiert.

6. Hochleistungsdiodenlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktierung als geschlitzter Deckel ausgebildet ist.

7. Verfahren zur Montage des Hochleistungsdiodenlasers nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

— Erzeugung von Sollbruchstellen an definierten Stellen in bestimmten Abständen zwischen den einzelnen Laserdioden,

— Auflöten der Wärmesenke mittels eines Hartlots mit bei Raumtemperatur geringer Duktilität,

— schnelles Abkühlen des auf die Wärmesenke aufgelöteten Laserbarrens, so daß es an den Sollbruchstellen zum Bruch des Laserbarrens kommt,

— Aufbringen der p-seitigen Kontaktierung.

8. Verfahren nach Anspruch 7 dadurch gekennzeichnet, daß das Hartlot Gold und Zinn enthält.

9. Verfahren nach Anspruch 7 dadurch gekennzeichnet, daß das Hartlot als ein Multilayer-Schichtsystem aufgebracht wird, welches beim Löten ein Gold-Zinn-Lot in der resultierenden Lotlegierung ergibt.

10. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß nach Erzeugung der Brüche der Laserbarren getempert wird, das heißt auf eine Temperatur, bei welcher das Lot fließt, erwärmt und auf wenigstens annähernd dieser Temperatur einige Minuten bis zu einigen Stunden gehalten wird, wodurch mechanische Spannungen abgebaut werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollbruchstellen durch Laserstrahlbearbeitung hergestellt werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollbruchstellen durch reaktives Ionenätzen hergestellt werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollbruchstellen durch Ritzen hergestellt werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollbruchstellen durch naßchemisches Ätzen hergestellt werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollbruchstellen durch Sägen hergestellt werden.

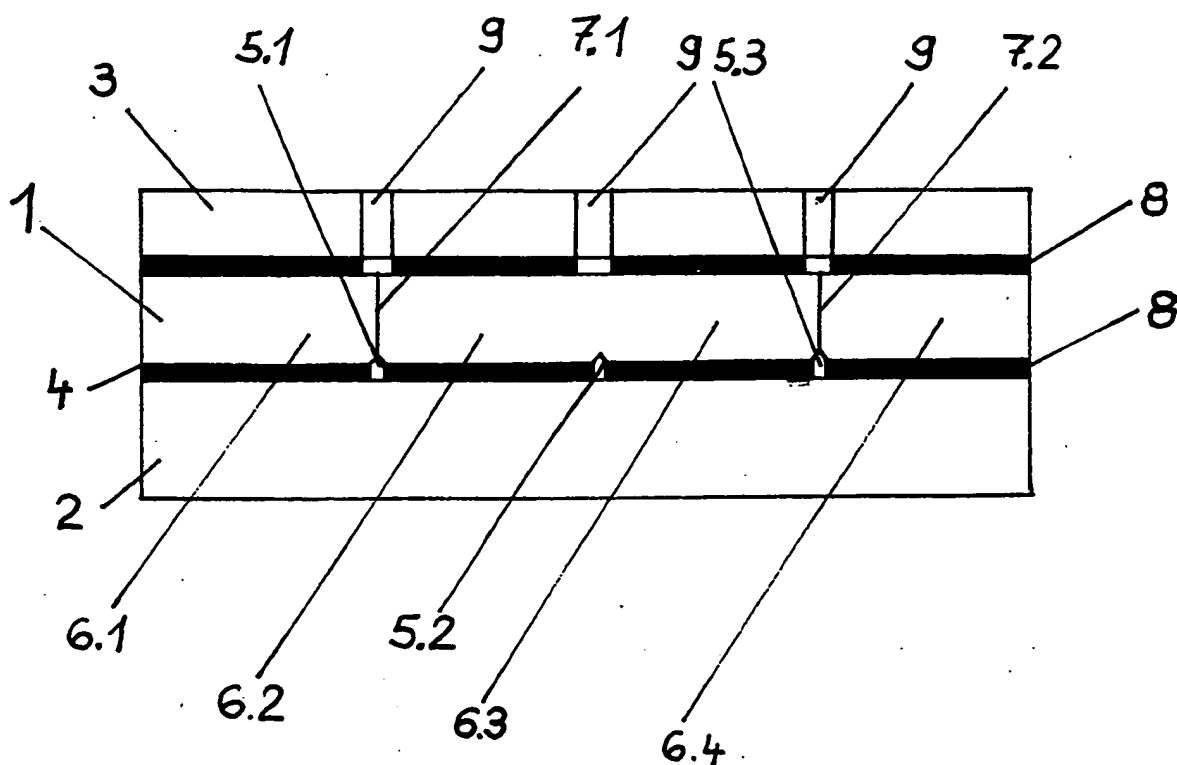
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollbruchstellen bereits bei der Herstellung des Laserbarrens hergestellt werden, indem die V-Gräben tiefer ausgebildet werden als es für deren eigentliche Funktion erforderlich ist.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Abkühlen mit einer Geschwindigkeit von mindestens 40 K pro Minute auf mindestens 190°C erfolgt.

18. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Tempern integraler Bestandteil des Abkühlens ist, indem das Abkühlen bei einer Temperatur, bei welcher das Lot noch fließt, unter-

brochen wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen



DOCKET NO: P 2000, 0171

SERIAL NO: 09/932, 878

APPLICANT: Acklin et al.

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100